



㉙ Anmelder:

Schucker, Josef, 7530 Pforzheim, DE

㉚ Vertreter:

Wolf, E., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., Pat.-Anw., 7000
Stuttgart

㉛ Erfinder:

gleich Anmelder

㉜ Verfahren und Anordnung zum Lackieren von Werkstückoberflächen

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Lackieren von Werkstückoberflächen mit einer robotergeführten und mit einem wahlweise mit mehreren Farben beaufschlagten Farbverteiler verbundenen Spritzpistole wird im Verlauf eines Arbeitszyklus des Roboters über die Robotersteuerung ein kontinuierlich oder schrittweise variierender Sollwert für den Lackfluß vorgegeben. Weiter wird der Lackfluß zur Spritzpistole gemessen und durch Verstellung des Strömungswiderstands auf der Durchflußstrecke zwischen Farbverteiler und Spritzpistole nach Maßgabe seiner Abweichung vom momentanen Sollwert nachgeführt. Außerdem werden im Verlauf eines Arbeitszyklus des Roboters über die Robotersteuerung kontinuierlich oder schrittweise variierende Werte für den Zerstäuber und/oder Hornluftstrom der Spritzpistole eingestellt.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Lackieren von Werkstückoberflächen unter Verwendung einer robotergeführten, mit Lack und Zerstäuberluft sowie gegebenenfalls mit Hornluft beaufschlagbaren Spritzvorrichtung. Unter einem Roboter sollen im folgenden — abweichend von der sonst üblichen Definition — alle Handhabeeinrichtungen verstanden werden, die zur Führung und Betätigung von Spritzvorrichtungen, insbesondere Spritzpistolen für Lacke geeignet sind, also auch Lackierbalken in Lackiermaschinen und dergleichen Einrichtungen.

In Lackierereien der Industrie wird Lack über Ringleitungen an verschiedene Lackierstationen oder -kabinen unter annähernd konstantem Druck gefördert, wobei für jede Farbe je eine Ringleitung vorgesehen ist. Die Ringleitungen können wahlweise über einen Farbverteiler mit einer Spritzpistole verbunden werden, die ihrerseits an einem Roboterarm oder einer Lackiermaschine angeordnet sein kann. Um Druckschwankungen auszugleichen, ist auf der Strecke zwischen dem Farbverteiler und der Spritzpistole regelmäßig ein pneumatischer Farbdruckregler angeordnet. Die Spritzpistole ist außerdem noch mit Zerstäuberluft sowie mit Hornluft zum Formen des Sprühstrahls beaufschlagbar. Durch Schwankungen in der Lackzusammensetzung und in der Temperatur und dadurch bedingt in der Viskosität kann es zu unzulässigen Schwankungen beim Lackauftrag kommen, da die zugeführte und versprühte Lackmenge nicht beliebig variiert werden kann. Andererseits ist beispielsweise beim Übergang zwischen breiten und schmalen Lackflächen eine Variation der Lackmenge erwünscht, da sonst unterschiedliche Flächenmengen aufgetragen werden und es in den schmalen Bereichen zur Tropfenbildung kommen kann. Weiter tritt in solchen Fällen ein unnötiger Materialverlust auf, da die absolute Lackmenge immer nach der größten Lackierbreite bemessen werden muß.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Lackieren von Werkstückoberflächen zu entwickeln, das unabhängig von den Zustandsgrößen und Materialwerten des Lackes, von der Vorschubgeschwindigkeit des Roboters bzw. des Werkstücks und von einer Variation der zu lackierenden Werkstückgeometrie zu immer gleichbleibenden Lackielergebnissen führt.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, daß im Verlauf eines Arbeitszyklus des Roboters über die Robotersteuerung ein kontinuierlich oder schrittweise variierender Sollwert für den Lackfluß vorgegeben wird, und daß der Lackfluß zur Spritzvorrichtung gemessen und durch Verstellung des Strömungswiderstands auf der Durchflußstrecke nach Maßgabe seiner Abweichung vom momentanen Sollwert nachgeführt wird.

Um auf Beschleunigungs- und Verzögerungsstrecken des Roboters eine Tropfen- oder Klecksbildung zu vermeiden, wird gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung der Lackfluß nach Maßgabe der Zu- oder Abnahme der Vorschubgeschwindigkeit des Roboters durch entsprechende Variation des Durchflußsollwerts nachgeführt.

Bei einer Variation des Lackflusses muß immer auch die Zerstäuberluft angepaßt werden, da sonst der Lack nicht optimal aufgerissen wird und entweder zu kleine oder zu große Tropfen gebildet werden. Als Qualitätskriterium kommt vor allem der optische Eindruck der zu

lackierenden Oberfläche in Betracht, der meßtechnisch schwer erfaßbar ist und daher meist von Spezialisten empirisch geprüft und festgelegt wird. Dementsprechend wird gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, daß im Verlauf eines Arbeitszyklus des Roboters über die Robotersteuerung kontinuierlich oder schrittweise variierende Werte für den Zerstäuberluftstrom und/oder den Hornluftstrom eingestellt werden, die zuvor auf empirischem Wege ermittelt und in einem Datenspeicher abgespeichert worden sind. Vorteilhafterweise wird der Zerstäuberstrom und/oder der Hornluftstrom gemessen und durch Verstellung des Strömungswiderstands auf der betreffenden Strömungsstrecke nach Maßgabe seiner Abweichung vom momentanen Einstellwert nachgeführt. Ausgehend von diesen Werten kann zur weiteren Verbesserung der Oberflächenqualität der Zerstäuber- und/oder Hornluftstrom zusätzlich in Abhängigkeit vom gemessenen oder vorgegebenen Lackfluß nachgeführt werden. Zweckmäßig werden die vorgegebenen Lackflußsollwerte und/oder die Einstellwerte für den Zerstäuber- und/oder Hornluftstrom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und/oder der Temperatur und Beschaffenheit der Werkstückoberfläche und/oder des verwendeten Lackmaterials variiert.

Bei einer Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in einer zur Spritzvorrichtung führenden Lackförderleitung eine Meßzelle zur Bestimmung des Lackdurchflusses sowie ein Stellventil mit einstellbarem Durchflußquerschnitt angeordnet. Weiter ist in einer speicherprogrammierbaren Steuereinheit eine Folge von durch die Robotersteuerung abrufbaren Durchflußsollwerten abspeicherbar, wobei das Stellventil mit Hilfe einer Regelanordnung nach Maßgabe der Abweichung des an der Meßzelle gemessenen Lackflusses von den über die speicherprogrammierbare Steuereinheit vorgegebenen Sollwerten betätigbar ist. Je nach Schwingungsverhalten des Regelkreises kann die Durchflußmeßzelle entweder in Förderrichtung vor oder hinter dem Stellventil angeordnet werden.

Um ein optimales Regelverhalten zu gewährleisten, wird gemäß der Erfindung eine im wesentlichen lineare Durchfluß/Verstellweg-Kennlinie des Stellventils angestrebt. Da diese Kennlinie viskositätsabhängig und damit auch temperatur- und materialabhängig ist, kann es für das Regelverhalten von Vorteil sein, wenn die Durchfluß/Verstellweg-Kennlinie des Stellventils für verschiedene, über einen Farbverteiler auswählbare Lackfarben in der Steuereinheit abspeicherbar und über die Robotersteuerung zur Auswertung in der Regelanordnung abrufbar sind.

Der Ventilkolben bzw. Ventilkörper des Stellventils ist bevorzugt mit pneumatischen Mitteln antreibbar. Bei Verwendung eines als Drehkolben ausgebildeten Ventilkolbens, wie er beispielsweise in der DE-PS 35 06 135 beschrieben ist, wird vorteilhafterweise ein 180°-Drehflügelantrieb vorgesehen, der mit Hilfe eines über die Regelanordnung ansteuerbaren pneumatischen Servoventils betätigbar ist. Damit lassen sich kurze Reaktions- und Ansprechzeiten der Regelung erzielen, wie sie bei Roboteranwendungen unerlässlich sind. Eine weitere Verbesserung in dieser Hinsicht kann dadurch erreicht werden, daß die Öffnungslage des Stellventils oder eine daraus abgeleitete Größe, wie die Hub- oder Drehlage des Ventilkolbens, als Regelgröße in der Regelanordnung ausgewertet wird. Vorteilhafterweise ist ein als Potentiometer ausgebildeter Winkelgeber vor-

gesehen, an dessen Ausgang ein die Öffnungslage des Stellventils definierender Spannungswert abgreifbar ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung ist in der speicherprogrammierbaren Steuereinheit eine Folge von durch die Robotersteuerung abrufbaren Einstellwerten für den Zerstäuber- und/oder Hornluftstrom nach Maßgabe des gemessenen Lackdurchflusses ab-speicherbar. Zweckmäßig ist der Zerstäuberluftstrom und/oder der Hornluftstrom an einem vorzugsweise als pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch betätigbares Servoventil ausgebildeten Stellventil nach Maßgabe der momentanen Einstellwerte einstellbar. Zu diesem Zweck kann in einer zur Spritzvorrichtung führenden Zerstäuber- und/oder Hornluftleitung eine Meßzelle zur Bestimmung des jeweiligen Luftstroms angeordnet werden, wobei eine Regelanordnung zur Betätigung des Stellventils nach Maßgabe der Abweichung des an der Meßzelle gemessenen Luftstroms von den über die speicherprogrammierbare Steuereinheit vorgegebenen Einstellwerten vorgesehen ist.

Das erfindungsgemäße Lackiervorgehen und die Lackieranordnung können mit Vorteil auch zum Abdichten von Nähten einander überlappenden dünnwandiger Werkstücke, z.B. Metallbleche, verwendet werden, indem eine die Naht abdeckende Lack- oder Kunststoffschicht in flüssiger Form aufgetragen und anschließend ausgehärtet wird. Als Dichtstoff kommt hierbei vor allem PVC in flüssiger Form in Betracht, der durch Temperaturerhöhung, beispielsweise im Lackierofen, ausgehärtet werden kann.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Schema einer Lackieranlage mit Durchflußregelung;

Fig. 2 ein Schaltschema eines Durchflußreglers für die Lackieranlage nach Fig. 1.

Die in Fig. 1 gezeigte Lackierstation einer Lackieranlage wird über eine Mehrzahl Lackringleitungen 10 (von denen nur eine dargestellt ist) mit verschiedenen farbigen Lacken versorgt. Bei jedem Farbwechsel wird die Lackierstation mit einem Lösemittel gereinigt, das über eine Sammelleitung 12 in einen Sammel- oder Recyclingbehälter gefördert wird. Die verschiedenen Lackringleitungen 10 und die Sammelleitung 12 sind über verschließbare Anschlüsse 14 und 16 an einen Farbverteiler 18 angeschlossen, der ausgangsseitig über eine Lackförderleitung 20 mit einer Spritzpistole 22 verbindbar ist. In der Lackförderleitung 20 ist ein pneumatischer Farbdruckregler 24 angeordnet, der etwaige Druckschwankungen in den Lackringleitungen ausgleicht. Weiter befindet sich in der Förderleitung 20 ein Stellventil 26, das mit Hilfe eines elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Antriebsmechanismus 28 in seinem Durchflußquerschnitt verstellbar ist. In Förder- richtung vor oder hinter dem Stellventil 26 ist außerdem eine Durchflußmeßzelle 30 angeordnet, mit der der momentane Lackfluß gemessen werden kann. Die Durchflußmeßzelle kann beispielsweise als Zahnradmeßzelle, als kapazitive oder magnetisch induktive Meßzelle, als Turbine oder als Ultraschallmeßzelle ausgebildet sein. In dem elektronischen Steuer- und Regelnetzwerk 32 werden die Meßwerte der Durchflußmeßzelle 30 mit den von einer speicherprogrammierbaren Steuereinheit 34 abgerufenen Sollwerten verglichen und zur Ansteuerung des Stellventils 26, 28 ausgewertet. Bei Verwendung eines Steuerventils 26 mit Drehkolben kann der Antriebsmechanismus 28 beispielsweise als pneumatisch betätigbarer 180°-Drehflügelantrieb ausgebildet

sein, der über ein durch das Regelnetzwerk 32 ansteuerbares pneumatisches Servoventil 36 betätigbar ist. Zur Verbesserung des Regelverhaltens des Regelkreises kann zusätzlich der Durchflußquerschnitt über einen beispielsweise als Potentiometer ausgebildeten Winkelgeber 38 als Stellwinkel α gemessen und dem Regelnetzwerk zur Auswertung zugeleitet werden.

Die speicherprogrammierbare Steuerung 34, die beispielsweise in der Robotersteuerung integriert oder über diese angesteuert werden kann, enthält einen Speicherbereich zur Abspeicherung der Durchflußsollwerte, die im Verlauf eines Arbeitszyklus des Roboters über die Robotersteuerung aus diesem ausgelesen und dem Regelnetzwerk zugeleitet werden. Weiter enthält die speicherprogrammierbare Steuerung 34 Speicherbereiche zur Abspeicherung der Einstellwerte für die Zerstäuberluft und die Hornluft der Spritzpistole, die im Verlauf eines Arbeitszyklus des Roboters ebenfalls über die Robotersteuerung aus diesen ausgelesen und den Steueraggregaten 40 und 42 für die Einstellung der Zerstäuber- und Hornluftzufuhr zugeleitet werden.

Außerdem sind über die speicherprogrammierbare Steuerung 34 die Anschlüsse 14 der Lackringleitungen 10 und des Anschlusses 16 der Lösemittel-Sammelleitung 12 zur Auswahl einer der Lackfarben oder zur Auslösung eines Reinigungsvorgangs einzeln ansteuerbar.

Das in Fig. 2 in einem Blockschaltbild dargestellte Regelnetzwerk 32 ist zur Regelung des Lackdurchflusses nach Maßgabe einer Folge vorgegebener Durchflußsollwerte bestimmt. Der Subtrahierer 44 wird am Eingang 46 mit dem momentanen Durchflußsollwert u_s und am anderen Eingang 48 mit dem in der Meßzelle 30 gemessenen und in dem Frequenz/Spannungs-Wandler 50 in einen Spannungswert umgesetzten Durchfluß-Istwert u_i beaufschlagt. Die am Ausgang des Subtrahierers 44 erhaltene Differenzspannung Δu wird über einen Verstärker 60 zur Ansteuerung des Servoventils 36 verwendet, über das der Drehantrieb 28 des Stellventils 26 zur Einstellung des gewünschten Lackflusses Q betätigt wird.

Die Steueraggregate 40 und 42 können mit je einem Luftstromregler ausgestattet werden, der grundsätzlich ähnlich ausgebildet ist wie der Lackflußregler gemäß Fig. 2. Insbesondere kann in den Steueraggregaten 40 bzw. 42 eine Meßzelle zur Bestimmung des betreffenden Luftstroms sowie ein vorzugsweise als Servoventil (Wegeventil) ausgebildetes Stellventil angeordnet werden. Die genannte Regelanordnung sorgt dann dafür, daß das betreffende Stellventil nach Maßgabe der Abweichung des an der Meßzelle gemessenen Luftstroms von dem über die speicherprogrammierbare Steuereinheit 34 vorgegebenen Einstellwerten betätigt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Lackieren von Werkstückoberflächen mit einer robotergeführten, mit Lack und Zerstäuberluft sowie gegebenenfalls mit Hornluft beaufschlagbaren Spritzvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß im Verlauf eines Arbeitszyklus des Roboters über die Robotersteuerung ein kontinuierlich oder schrittweise variierender Sollwert für den Lackfluß vorgegeben wird, und daß der Lackfluß zur Spritzvorrichtung gemessen und durch Verstellung des Strömungswiderstands auf der Durchflußstrecke nach Maßgabe seiner Abweichung vom momentanen Sollwert nachgeführt

wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lackfluß nach Maßgabe einer Zu- oder Abnahme der Vorschubgeschwindigkeit des Roboters durch Variation des Sollwerts nachgeführt wird. 5

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß im Verlauf eines Arbeitszyklus des Roboters über die Robotersteuerung kontinuierlich oder schrittweise variierende Werte für den Zerstäuberluftstrom eingestellt werden. 10

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß im Verlauf eines Arbeitszyklus des Roboters über die Robotersteuerung kontinuierlich oder schrittweise variierende Werte für den Hornluftstrom eingestellt werden. 15

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Zerstäuberluftstrom und/oder der Hornluftstrom gemessen und durch Verstellung des Strömungswiderstands auf der betreffenden Strömungsstrecke nach Maßgabe seiner Abweichung vom momentanen Einstellwert nachgeführt wird. 20

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Zerstäuberluftstrom und/oder der Hornluftstrom in Abhängigkeit vom gemessenen oder vorgegebenen Lackfluß nachgeführt wird. 25

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgegebenen Lackflußsollwerte und/oder die Einstellwerte für den Zerstäuber- und/oder Hornluftstrom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und/oder der Temperatur oder Beschaffenheit der Werkstückoberfläche und/oder des verwendeten Lackes variiert werden. 30

8. Anordnung zum Lackieren von Werkstückoberflächen mittels eines über eine Robotersteuerung ansteuerbaren Roboters mit einer mit Lack und Zerstäuberluft und gegebenenfalls mit Hornluft beaufschlagbaren Spritzvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß in einer zur Spritzvorrichtung führenden Lackförderleitung (20) eine Meßzelle (30) zur Bestimmung des Lackdurchflusses sowie ein Stellventil (26) mit einstellbarem Durchflußquerschnitt angeordnet sind, daß in einer speicherprogrammierbaren Steuereinheit (34) eine Folge von durch die Robotersteuerung abrufbaren Durchflußsollwerten abgespeicherbar sind, und daß eine Regelanordnung (32) zur Betätigung des Stellventils (26) nach Maßgabe der Abweichung des an der Meßzelle (30) gemessenen Lackflusses (Q bzw. u) von den über die speicherprogrammierbare Steuereinheit (34) vorgegebenen Sollwerten (u_s) vorgesehen ist. 35 40 45 50 55

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchflußmeßzelle (30) in Förderleitung vor dem Stellventil (26) angeordnet ist. 60

10. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchflußmeßzelle (30) in Förderleitung hinter dem Stellventil (26) angeordnet ist. 65

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellventil (26) eine im wesentlichen lineare Durchfluß/Verstellweg-Kennlinie aufweist.

12. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchfluß/Verstellweg-Kennlinie des Stellventils (26) für die ver-

schiedenen, über einen Farbverteiler (18), auswählbaren Lackfarben in der speicherprogrammierbaren Steuereinheit (34) abgespeicherbar und über die Robotersteuerung zur Eingabe in die Regelanordnung (32) abrufbar sind.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilkolben des Stellventils (26) mit pneumatischen Mitteln (28) antreibbar ist.

14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der als Drehkolben ausgebildete Ventilkolben des Stellventils (26) mittels eines pneumatischen 180°-Drehflügelantriebs (28) betätigbar ist.

15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehflügelantrieb (28) durch ein über die Regelanordnung (32) ansteuerbares pneumatisches Servoventil (36) betätigbar ist.

16. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungslage des Stellventils (26) oder eine daraus abgeleitete Größe (α) als Regelgröße in der Regelanordnung (32) auswertbar ist.

17. Anordnung nach Anspruch 15 oder 16, gekennzeichnet durch einen als Potentiometer (38) ausgebildeten Winkelgeber, an dessen Ausgang ein die Öffnungslage des Stellventils (26) definierender Spannungswert abgreifbar ist.

18. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchflußquerschnitt des Stellventils (26) nach Maßgabe der Zu- oder Abnahme der Vorschubgeschwindigkeit des Roboters auf- bzw. zugesteuert oder -geregelt wird.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß in der speicherprogrammierbaren Steuereinheit (34) eine Folge von durch die Robotersteuerung abrufbaren Einstellwerten für den Zerstäuberluftstrom abgespeicherbar ist.

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 8 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß in der speicherprogrammierbaren Steuereinheit (34) eine Folge von durch die Robotersteuerung abrufbaren Einstellwerten für den Hornluftstrom abgespeicherbar ist.

21. Anordnung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Zerstäuberluftstrom und/oder der Hornluftstrom an einem vorzugsweise als pneumatisch, hydraulisch oder elektrisch betätigbares Servoventil ausgebildeten Stellventil nach Maßgabe der momentanen Einstellwerte einstellbar ist.

22. Anordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß in einer zur Spritzvorrichtung führenden Zerstäuber- und/oder Hornluftleitung eine Meßzelle zur Bestimmung des Luftstroms angeordnet ist, und daß eine Regelanordnung zur Betätigung des Stellventils nach Maßgabe der Abweichung des an der Meßzelle gemessenen Luftstroms von den über die speicherprogrammierbare Steuereinheit (34) vorgegebenen Einstellwerten vorgesehen ist.

23. Anordnung nach Anspruch 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der eingestellte Zerstäuberluftstrom und/oder Hornluftstrom nach Maßgabe des gemessenen Lackdurchflusses nachführbar ist.

24. Verwendung des Lackierverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 oder der Lackieranordnung nach einem der Ansprüche 7 bis 20 zum Abdichten

von Nähten einander überlappender dünnwandiger
Werkstücke durch Auftragen einer die Naht ab-
dichtenden aushärtbaren Lack- oder Kunststoff-
schicht, insbesondere aus PVC.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

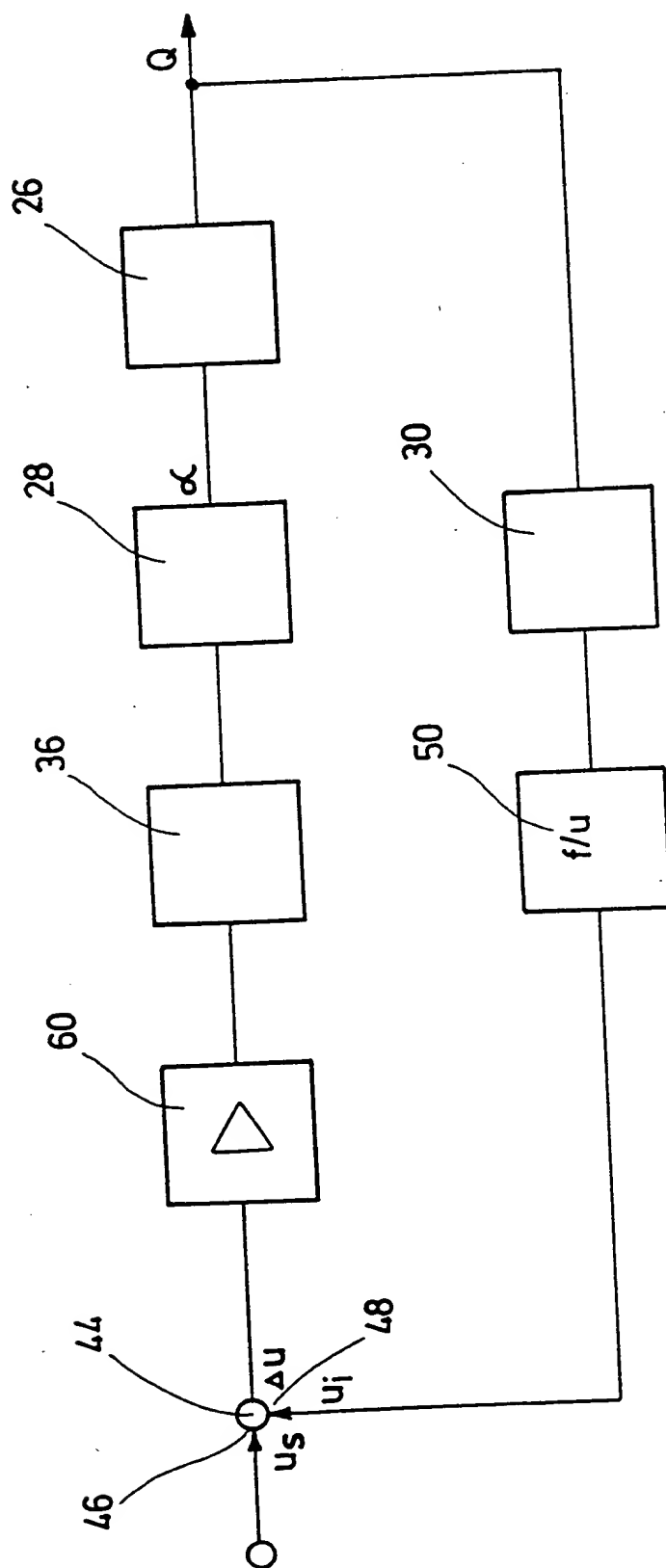


Fig. 2

Fig. 1

